



Двадцать третья международная конференция  
"СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО  
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА"



**Оценка содержания протеина в  
кормовых травах с использованием ДЗЗ  
и методов машинного обучения**

**Ермолаева Ольга Сергеевна**

Ст. преподаватель кафедры прикладной информатики  
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, заведующий  
лабораторией ГИС и ДЗЗ

**Худякова Елена Викторовна**

И.о.зав. кафедрой прикладной информатики  
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,  
доктор экономических наук, профессор

**Степанцевич Марина Николаевна**

Доцент кафедры прикладной информатики  
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,  
к.э.н., доцент

**Бевх Виталий Андреевич**

Студент бакалавр РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

# Многолетние и однолетние травы – основа кормового рациона скота

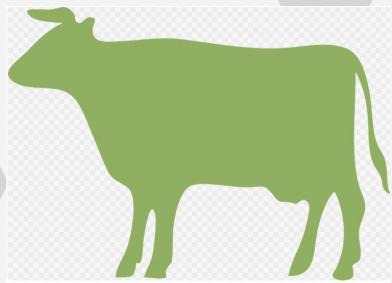
**Корма из  
многолетних  
трав**

[  
Зеленый корм  
Сено  
Силос  
Сенаж

**Это:**

60-85 % в структуре  
кормового рациона  
скота

**ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ  
БЕЗОПАСНОСТЬ**



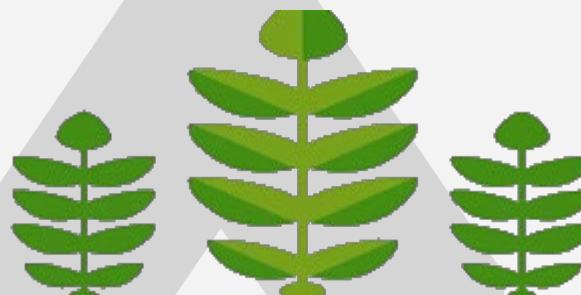
Посевные площади однолетних и многолетних трав составляют 18,3 %  
всех посевных площадей и 90,2 % посевных площадей кормовых культур

**Клетчатка** → **переваримость корма и содержание энергии к корме.**

**Протеин** → **продуктивность животных.**

Оптимальное содержание. Например в сilage и сенаже 1-го класса содержание сырой и нейтрально-дегидратной клетчатки не должно превышать 26-28 и 50 % в сухом веществе, при уровне сырого протеина не менее 14-16 %.

При превышении клетчатки на 1 % выше нормы перевариваемость корма ухудшается на 5 % и на 5 % падает продуктивность скота

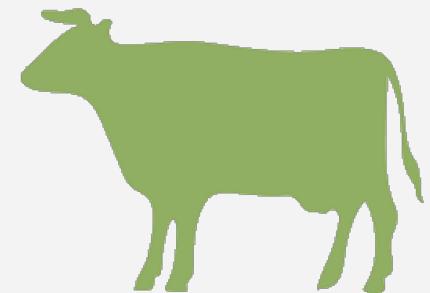


# Оптимальная для скашивания фаза развития кормовой культуры

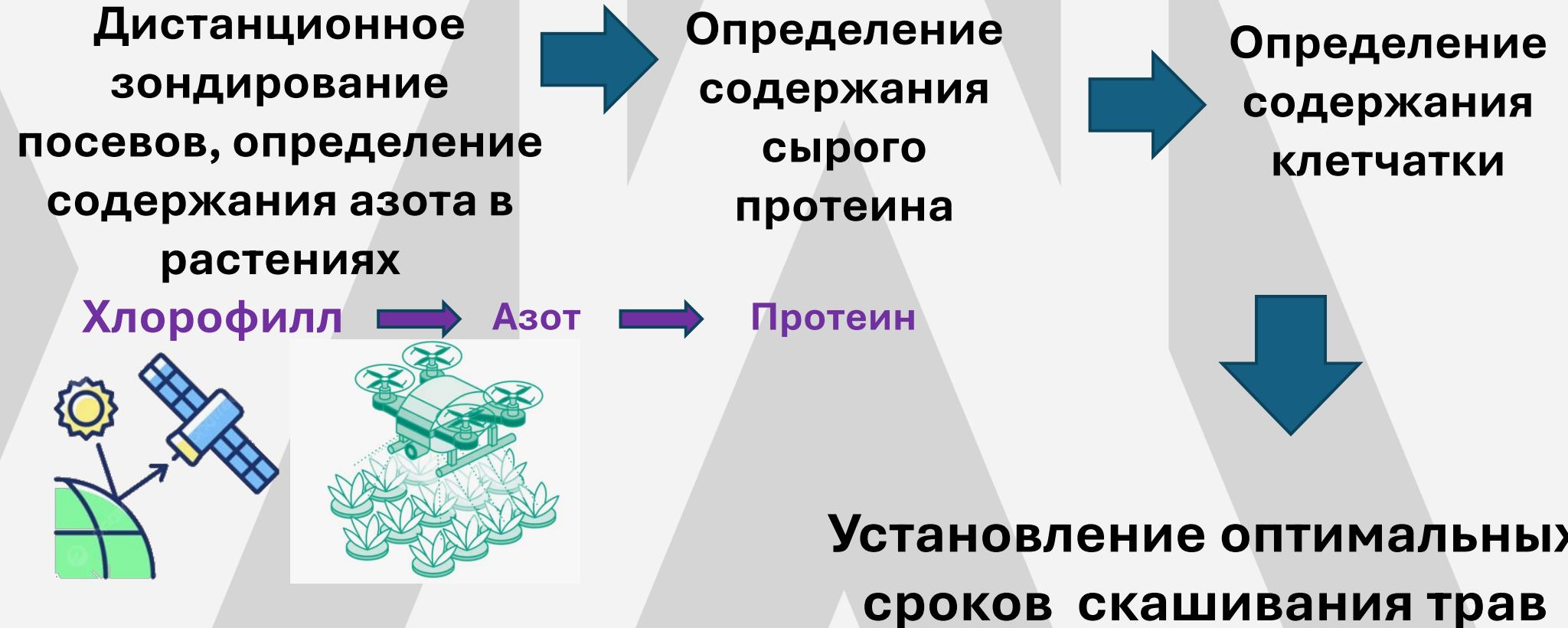


# Неоптимальный срок заготовки корма ведет к потере продуктивности скота **до 20 %**

- Крупные сельскохозяйственные предприятия, агрохолдинги, имеющие собственные лаборатории, по анализам кормов, проводят анализ на содержание сырого протеина ежедневно, чтобы определить оптимальные сроки уборки.
- Около 1 % в Российской Федерации сельскохозяйственных предприятий имеют такие лаборатории, что недостаточно.



# Предлагаемая методика на основе использования информационных технологий

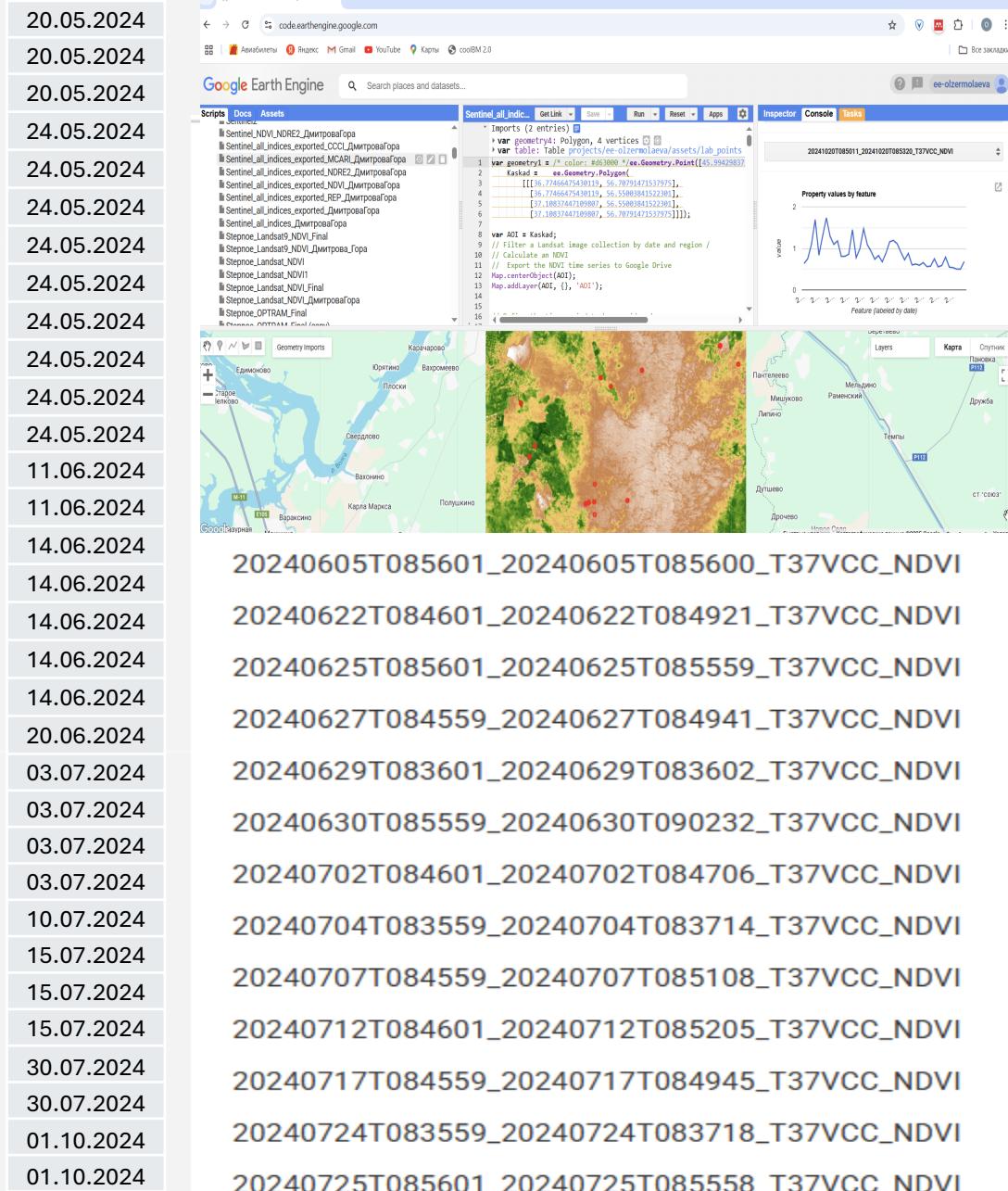


# Исследование возможностей дистанционного мониторинга содержания протеина в посевах кормовых трав



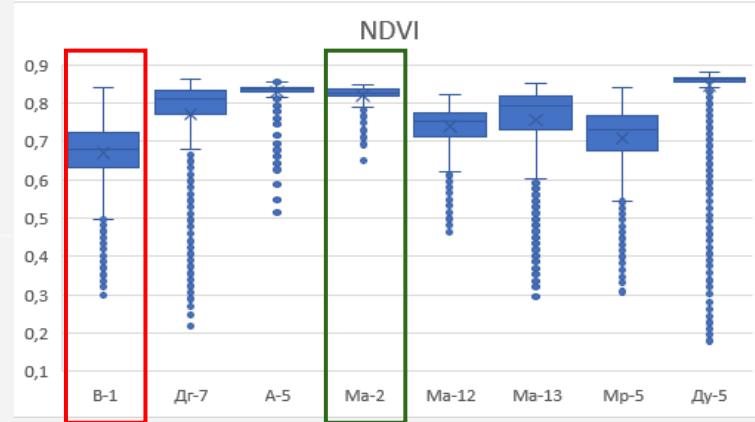
# Методика проведения анализа

- Получение данных лабораторных анализов содержания протеина (Protein) в точках отбора проб
- Подбор спутниковых снимков **Landsat 8, 9** и **Sentinel-2** на даты проведения отбора проб на платформе GEE
- Вычисление значений индексов **NDVI, CCCI, MCARI, NDRE, REP** и др. (15 индексов) для каждой точки отбора на платформе GEE
- Проведение анализа корреляции значений индексов/протеина по лабораторным данными



## Методика проведения анализа (2)

Корреляционный анализ данных показал несколько низкие результаты, что было связано авторами с неоднородностью посевов на отдельных полях (пример В-1) а также точностью определения координат локаций отбора с помощью мобильного приложения (заявленная точность определения местоположения 1-10 м).

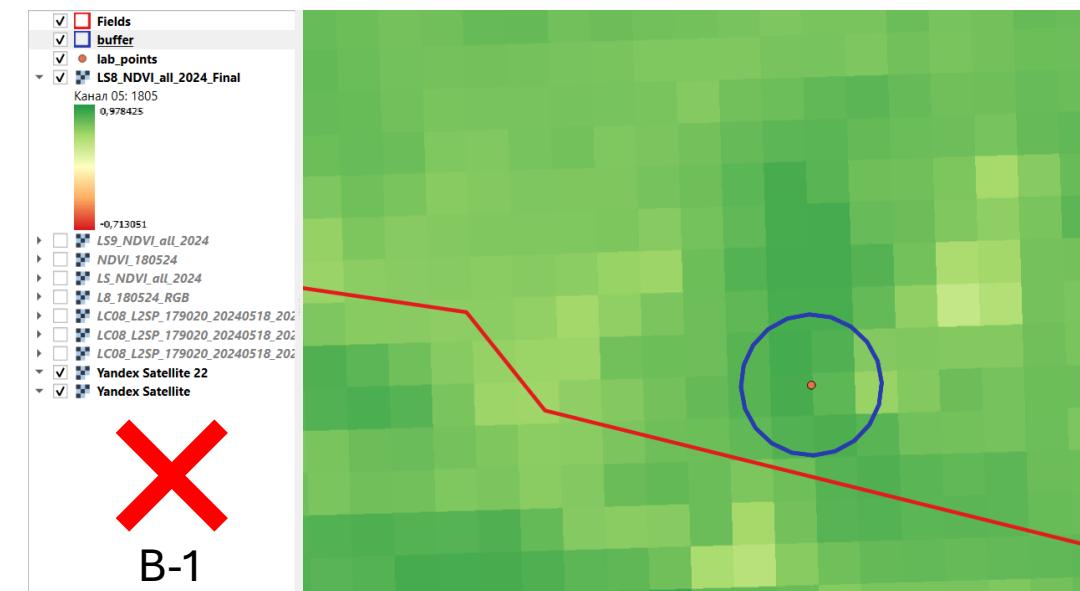
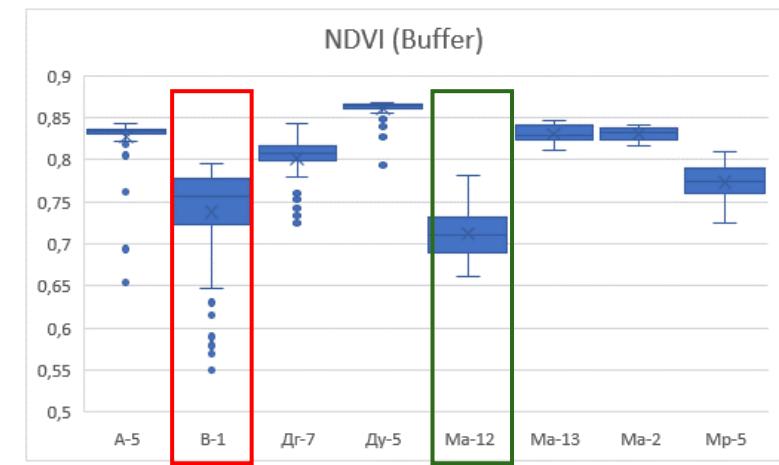


Было принято решение об использовании в корреляционном анализе медианного и среднего значений вегетационных индексов, попадающих в окрестность радиусом 40 метров от точки отбора пробы.



## Методика проведения анализа (3)

- Создание буферных зон (40 м) вокруг точек отбора проб.
- Вычисление средних и медианных значений индексов **NDVI**, **CCCI**, **MCARI**, **NDRE**, **REP** (и др.) для каждой буферной зоны точки
- Проведение анализа корреляции значений индексов и лабораторными данными по протеину
- Применение зонального анализа позволила значительно улучшить результаты, особенно для таких индексов, как NDRE (Normalized Difference Red Edge) и REP (Red Edge Position). Значение  $R^2$  составило 0,602 для линейной и 0,622 для экспоненциальной функции для NDRE, а также 0,761 для линейной и 0,791 для экспоненциальной функции для REP.



# Выводы

1

Одной из причин низкой корреляции между некоторыми индексами и содержанием протеина является **неоднородность посевов**, что влияет на точность дистанционного мониторинга  
**NDVI** и **REP** являются наиболее перспективными индексами для оценки содержания протеина

2

Для получения более точных результатов корреляции между лабораторными данными и вегетационными индексами следует закладывать больше опытных точек и возможно использовать БПЛА

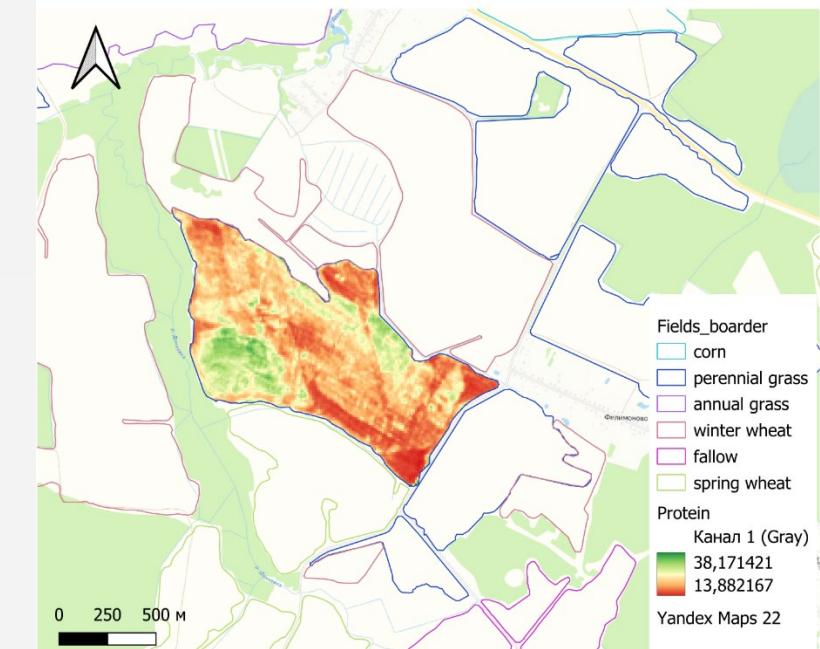
3

Дистанционный мониторинг позволяет оценивать содержание протеина в кормовых травах

4

Спутниковые индексы позволяют частично заменить лабораторный анализ, но требуют калибровки для повышения точности

5



МО обучение производилось на платформе GEE. Для обучения классификатора использовались данные о содержании протеина, рельфе, его деривативах, осадках, и NPK локаций мест точек отбора проб. В результате с помощью построенного классификатора была проведена классификация растр, пример визуализации представлен на рисунке.



Спасибо за ваше внимание!

Будем рады Вашему интересу к нашему докладу и  
готовы ответить на вопросы через платформу  
конференции или по электронной почте

**Ермолаева О.С., ol\_ermolaeva@ragu-msha.ru**

**Худякова Е.В., evhudyaikova@rgau-msha.ru**

**Степанцевич М.Н., stepancevich@rgau-msha.ru**

**Бевх В.А., bevh.vitaliy@yandex.ru**

**Исследование выполнено  
за счет гранта Российского  
научного фонда № 25-26-  
00377, <http://rscf.ru/project/25-26-00377/>**